

УДК 531.3

А.А.УСЫК

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСОРБЦИИ ГАЗА В ПОДСВОДОВОЕ ПРОСТРАНСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА**

Предлагается математическая модель десорбции газа в подсводовое пространство канализационного коллектора, позволяющая определить изменение концентрации сероводорода в жидкости и воздухе.

В настоящее время в крупных городах Украины ведется широкое строительство коллекторов глубокого заложения – дорогостоящих сооружений канализации. Процесс транспортировки сточных вод в сетях канализации сопровождается выделением агрессивных газов, что приводит к разрушению канализационных коллекторов. Аварийные ситуации зафиксированы в ряде городов Украины, России, Белоруссии. Установлено, что примерно 24% аварий в канализационных сетях связано с газовой коррозией, интенсивность которой зависит от концентрации сероводорода [1].

Один из наиболее действенных способов борьбы с загазованностью коллекторов – их вентиляция [2], вопросы организации которой представляют значительный научный и практический интерес.

Известно, что естественная вентиляция не обеспечивает снижения концентрации сероводорода в коллекторах. Последнее возможно лишь за счет применения систем вентиляции с искусственным побуждением, что позволяет не только снизить концентрацию сероводорода в воздушной среде коллекторов, но осушить его свод, прекратить размножение серобактерий и абсорбцию сероводорода [3, 4].

В то же время существующие методы расчета воздухообмена в сетях канализации весьма приближенные и не учитывают изменение концентрации сероводорода в воздухе и жидкости по длине трубы. В связи с этим поставлена задача разработать математическую модель десорбции газа в подсводовое пространство канализационного коллектора как составную часть общей модели, описывающей процессы массопереноса в коллектор.

Модель разработана для стационарных условий, т.е. величины  $C_L(x)$ ,  $C_V(x)$ ,  $W(x)$  не зависят от времени; предполагается также, что  $H$  не зависит от  $x$  (т.е. диаметр наполнения коллектора не изменяется по его длине). Тогда концентрация газа в жидкости и воздухе будет соответственно:

$$C_L(x) = -Hw(x) / Q_L; \quad (1)$$

$$C_V(x) = -Hw(x) / Q_V, \quad (2)$$

где  $x$  – расстояние вдоль коллектор, м;  $H$  – хорда свободной поверхности жидкости, м;  $Q_L$  – расход жидкости м<sup>3</sup>/с;  $C_L(x)$ ,  $C_V(x)$  – концентрация газа соответственно в жидкости и воздухе, кг/м<sup>3</sup>;  $W(x)$  – удельный поток десорбции, кг / (м<sup>2</sup> / °C)

$$W = K(C_L - C_L^*); \quad (3)$$

$K$  – коэффициент массопередачи;  $C_L^*$  – равновесная концентрация газа в жидкости, соответствующая концентрации  $C_V$  газа в воздухе.

Связь между  $C_V$  и  $C_L^*$  дается соотношением

$$C_L^* = C_V / \alpha, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – константа фазового равновесия.

Подставляя выражения (3), (4) в (1) и (2), получаем окончательно следующую систему уравнений для  $C_L(x)$  и  $C_V(x)$

$$C_L'(x) = -\frac{Hk}{Q_L}(C_L - \frac{C_V}{\alpha}) = -A_L(C_L - \frac{C_V}{\alpha}); \quad (5)$$

$$C_V'(x) = -\frac{Hk}{Q_L}(C_L - \frac{C_V}{\alpha}) = A_V(C_L - \frac{C_V}{\alpha}), \quad (6)$$

где  $A_L = Hk / Q_L$ ;  $A_V = Hk / Q_V$ .

Наиболее интересным является случай, когда заданы начальные значения  $C_L$  и  $C_V / C_L^0$  – начальная концентрация газа в воздухе. Решая систему с этими начальными условиями стандартными методами, получаем:

$$C_L(x) = \frac{A_L C_V^0 + A_V C_L^0 + (\alpha C_L^0 - C_V^0) A_L e^{-(A_L + \frac{A_V}{\alpha})x}}{\alpha A_L + A_V}; \quad (7)$$

$$C_V(x) = \frac{\alpha(A_L C_V^0 + A_V C_L^0) - (\alpha C_L^0 - C_V^0) A_L e^{-(A_L + \frac{A_V}{\alpha})x}}{\alpha A + A_V}. \quad (8)$$

Уравнения (7) и (8) показывают, как изменяется концентрация газа в воздухе и жидкости по длине трубы. Рассмотрим несколько

частных случаев.

1. Расход воздуха равен нулю

Подставляя  $Q_V = 0$  в (7) и (8), получаем:

$$C_L(x) = C_L^0; \quad C_V(x) = \alpha C_L^0.$$

В этом случае концентрация газа в жидкости по всей длине трубы равна начальной, т.е. газ из жидкости не выделяется, а концентрация газа в воздухе равна равновесной.

2. Расход воздуха бесконечно велик:  $Q_V = \infty$ .

Подставляя  $Q_V = \infty$  в (7) и (8), имеем:

$$C_V(x) = C_L^0; \quad C_L(x) = \frac{C_L}{\alpha} + \frac{\alpha C_L^0 - C_V^0}{\alpha} e^{-A_L x}.$$

Как видно, в этом случае концентрация газа в воздухе равна начальной концентрации газа в воздухе, а концентрацию газа в жидкости можно определить по приведенному ранее выражению.

3. Расстояние  $x$  вдоль трубы бесконечно велико.

Поставляя  $C_V^0 = 0$  в (7) и (8), получаем:

$$C_L(x) = C_L^0 e^{-A_L x}; \quad Q_V = 0.$$

Полученные параметры определяют концентрацию газа в жидкости и воздухе на бесконечно большом расстоянии от начала трубы.

4. Начальная концентрация газа в воздухе равна нулю, расход воздуха бесконечно велик.

Подставляя  $C_V^0 = 0$  и  $Q_0 = \infty$  в (7) и (8), имеем:

$$C_L(x) = C_L^0 e^{-A_L x}; \quad C_V = 0.$$

В данном случае концентрация газа в жидкости и воздухе будет равна нулю.

Предложенную модель десорбции можно использовать для разработки метода расчета вентиляции канализационных коллекторов.

Для доказательства адекватности предоставленной математической модели были проведены экспериментальные исследования по определению концентрации сероводорода в жидкости и воздухе.

Так как измерению подлежат небольшие концентрации сероводорода в газовой фазе, использование приборов для измерения высоких концентраций не всегда целесообразно, главным образом, вследствие недостаточной воспроизводимости и сходимости результатов.

Чтобы измерить концентрацию сероводорода в газовой фазе, обычно используют газоанализаторы, принцип действия которых ос-

нован на фотоколориметрическом, кулонометрическом, интерференционном и других методах анализа [3, 5].

Для измерений малых концентраций была выполнена корреляция показаний газоанализатора УГ-2, применяемого для контроля воздушной фазы канализационных коллекторов.

Опыты проводили следующим образом: герметичный термостатированный реактор заполняли на 2/3 объема водным раствором  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , затем реактор герметизировали и перемешивали раствор с помощью электромагнитной мешалки до установления равновесия между жидкостью и газом.

Равновесие устанавливали периодическим отбором и анализом проб. Концентрацию сульфидов в растворе находили известным методом [3], основанным на окислении сульфид-ионов до элементарной серы феррицианидом калия.

Концентрацию сероводорода в газовой фазе определяли с помощью газоанализатора УГ-2, но измеренная нами концентрация сероводорода в газовой фазе не соответствовала равновесной, рассчитанной химическим методом. В связи с этим для получения более точных результатов анализа воздушной фазы использовали метод газовой хроматографии, успешно применяемой в химической, коксо-химической и других отраслях промышленности. Исследования проводили на хроматографе ЛХМ-80, в качестве сорбента использовали «Полисорб-1». Данные, полученные в процессе эксперимента, сравнивали с табличными значениями постоянной Генри, найденной из уравнения равновесного парциального давления компонента в газе [4]:

$$P_A^* = Hx_A,$$

где  $H$  – постоянная Генри;  $x_A$  – концентрация сероводорода в жидкой фазе в молях  $\text{H}_2\text{S}$  на моль  $\text{H}_2\text{O}$   $10^{-4}$ .

Анализ полученных результатов показал, что некоторая часть сероводорода не учитывалась в материальном балансе при переходе из жидкой фазы в газообразную (сероводород окислялся и улетучивался при отборе проб на титрование). Сходимости результатов удалось добиться при продувке пипетки для отбора пробы и колбы инертным газом, в качестве которого использовали аргон.

В данной работе предложена математическая модель десорбции газа в подсводовое пространство канализационного коллектора, позволяющая определить изменение концентрации сероводорода в жидкости и воздухе.

Наиболее подходящий метод определения низких концентраций сероводорода в газообразной фазе – хроматографический, и при этом

в каждом конкретном случае необходимо производить корреляцию расчетом материального баланса в равновесном состоянии газожидкостной системы, определяемого химическим методом.

1.Абрамович И.А., Ситницкая Э.А., Кораблев И.Г. Уберечь коллекторы от газовой коррозии // Городское хозяйство Украины. – 1984. – №2. – С. 9-12.

2.Абрамович И.А., Ситницкая Э.А. Газовая среда и и коррозия коллектора городской канализации. – М.: ЦБНТИ, 1980. – 22 с.

3.Привалов В.Е., Хлопкова Л.И., Папков Г.И. Анализ сточных вод коксохимических заводов. – М.: Metallургия, 1976. – 119 с.

4.Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976. – 653 с.

5.Сідак В.С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 225 с.

*Получено 20.10.2006*

УДК 130.2 (190)

М.В.АЛЕКСАНДРОВА, канд. філос. наук

*Харківська державна академія культури*

## **ПОСТМОДЕРН ТА ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ**

Розглядаються питання кореляції екологічного та культурцивілізаційного дискурсів.

Актуальність теми зумовлена усвідомленням необхідності усунення конфлікту між техносом і природою, глобалізмом і антиглобалізмом, культурою і цивілізацією тощо. На переломі тисячоліть, коли цивілізація набуває все більш бурхливого розвитку, а оптимістичні сподівання, що виникли на початку процесу її осмислення, не виправдовуються, коли протистояння природи і цивілізації збільшується, весь спектр питань, пов'язаних з цими проблемами, надзвичайно актуалізується.

Переростання екологічної кризи в кризу культурно-антропологічну, що пов'язана з сучасним станом культури, яка організує природне та цивілізаційне, яке по суті є штучним, саме потребує пошуку усунення конфлікту екологічного та техногенного як в навколишньому середовищі, так і в світогляді кожної окремої людини.

Ідея статті народжувалася при аналізі праць таких видатних вчених, філософів, культурологів як О.Шпенглер, А.Дж.Тойнбі, С.Хантингтон, М.Хайдеггер, П.Сорокин [1-4], які культурцивілізаційну проблематику розглядали під різними кутами зору.

Протягом останніх десятиріч культурцивілізаційна та екологічна проблематики широко розроблялися в вітчизняному та закордонному науковому дискурсі, про що свідчить велика кількість монографій та збірників. Ґрунтовні дослідження сучасних вчених, таких як